

На правах рукописи



НИКИТИН Олег Владимирович

**ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОСИСТЕМЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ
И ЕЕ НАГРУЗКИ НА КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Специальность
25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Казань 2012

Диссертационная работа выполнена на кафедре прикладной экологии Института экологии и географии и в аккредитованной лаборатории экологического контроля ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Научный
руководитель: доктор химических наук, профессор
Латыпова Венера Зиннатовна

Официальные
оппоненты: доктор географических наук, профессор
Стурман Владимир Ицхакович

кандидат географических наук, доцент
Мозжерин Вадим Владимирович

Ведущее
учреждение: Башкирский государственный университет

Защита диссертации состоится «16» февраля 2012 года в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.20 при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу:
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.

Автореферат разослан «14» января 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент



Ю.Г. Хабутдинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы определяется важностью решения проблемы охраны жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием антропогенных факторов, в частности, важностью проблемы количественной оценки антропогенной нагрузки на поверхностные воды крупных водохранилищ в условиях воздействия урбанизации и хозяйственной деятельности человека, управления природно-техническими системами и ограничения техногенной нагрузки для обеспечения экологической безопасности.

Создание водохранилищ в интересах энергетики, водного транспорта, ирригации и т.д. является масштабным фактором преобразования как естественных водных объектов, так и сопряженного ландшафта в целом. Субъекты Российской Федерации, на территориях которых при постройке гидроэлектростанций образовались водохранилища, несут материальные потери и экологический ущерб (Водоохранилища..., 1986; Куйбышевское..., 2007). Природно-технические водные объекты на территории мегаполисов, входящие в состав комплексов защитных сооружений для защиты урбанизированных территорий от влияния водохранилищ, имеют, как правило, многофункциональное назначение.

Куйбышевское водохранилище, акватория которого располагается на территории пяти субъектов Российской Федерации (РФ), является водоемом комплексного назначения и используется водопользователями различных отраслей экономики, в частности, для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Для защиты территории г. Казани от влияния Куйбышевского водохранилища, созданного в 1955–1957 гг., был введен в строй комплекс защитных сооружений, включающий дамбы, плотины, многочисленные насосные станции, а также и открытые и закрытые дрена, естественные дрена.

Значительный интерес представляет одна из естественных дрена, находящаяся в историческом центре Казани – это часть русла р. Казанки (отсеченная излучина), отделенная двумя плотинами – Верхней и Нижней. Данная природно-техническая гидросистема служит естественной дрена и регулирующим бассейном, принимавшим на протяжении более 50 лет неочищенные промышленные, бытовые сточные и ливневые воды со значительной территории водосбора, диффузный сток с земельных садово-огородных участков и снежных отвалов города, складываемых на водосборе, с последующей перекачкой воды в Куйбышевском водохранилище в зоне санитарной охраны Волжского водозабора (Latypova et al., 2001; Поздняков и др., 2003; Никитин и др., 2011).

При существующей сложной и многофакторной системе течений в Куйбышевском водохранилище близость оголовка водовыпуска из излучины к Волжскому водозабору может стать фактором, негативно воздействующим на качество воды водоисточника (Румянцев и др., 2010) и здоровье населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, здоровье населения зависит от качества окружающей среды, в том числе, и от качества используемой питьевой воды (Ревич, 2001). В связи с этим значительную актуальность имеет исследование геоэкологических аспектов подобных антропогенно нагруженных природно-технических гидросистем и разработка подходов к их оздоровлению. Последнее включает применение наилучших передовых инновационных разработок (Румянцев и

Научные консультанты по технологическим аспектам работы:

к.т.н. Ш.Р. Поздняков (ИНОЗ РАН) и к.ф.-м.н. Р.Р. Шагидуллин (ИПЭН АН РТ).

др., 2000; Прыткова, 2002; Klapper, 2003; Cooke, 2005; Теория и практика восстановления..., 2007; Søndergaard et al., 2007; Gulati et al., 2008; Gupta, 2008; Hupfer, Hilt, 2008; Jørgensen, 2008; Ugochukwu, 2008; Vicente, et al., 2010; Yan L.-G. et al., 2010; Ansari, 2011; Wang, 2012 и др.), при этом наиболее оптимальный результат достигается продуманным сочетанием методов, их трансформацией к конкретным условиям с учетом специфики объекта (Никитин, 2010). Весьма актуальна также организация системы геоэкологического мониторинга с программным обеспечением для принятия управленческих решений, в т.ч. в поствосстановительный период, для обеспечения оперативного контроля и экологически безопасного управления качеством воды водоемистика в Куйбышевском водохранилище.

Цель работы – оценить геоэкологическое состояние природно-технической системы отсеченной излуины р. Казанки, ее антропогенную нагрузку на Куйбышевское водохранилище в пределах вод Республики Татарстан и обосновать рекомендации по ее оздоровлению.

При этом ставились следующие **задачи**:

- На основе данных натурных и экспериментальных обследований отсеченной излуины р. Казанки с использованием комплекса современных методов исследования определить ее гидрологические и морфометрические параметры, охарактеризовать гидрохимический режим и оценить класс качества воды.
- Оценить интенсивность осадконакопления, мощность донных наносов, степень их загрязнения, токсичность, класс опасности и массу содержащихся в них тяжелых металлов и нефтепродуктов;
- Оценить нагрузку гидросистемы на Куйбышевское водохранилище в сравнении с нагрузкой выпусков других крупных организованных источников загрязнения водохранилища в пределах вод Республики Татарстан (РТ) с использованием предложенных и ранжированных по информативности критериев оценки.
- На основе полученных результатов и с учетом современных научно-технических достижений обосновать рекомендации к ряду мероприятий по оздоровлению и ландшафтному обустройству излуины р. Казанки для и восстановления его экологических и гидротехнических функций как пруда-накопителя в системе инженерной защиты города.
- Создать программное сопровождение геоэкологического мониторинга поверхностных вод Куйбышевского водохранилища и отсеченной излуины р. Казанки для принятия управленческих решений по восстановлению ее стабильного функционирования в условиях химической нагрузки под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека.
- Создать картографический материал, отображающий пространственное распределение геоэкологических параметров отсеченной излуины р. Казанки (глубины гидросистемы, мощности донных отложений, уровня химической нагрузки на Куйбышевское водохранилище, параметров береговой линии, степени зарастания высшей водной растительностью).

Научная новизна. Впервые на основе результатов систематического геоэкологического мониторинга дана комплексная оценка геоэкологического состояния природно-технической гидросистемы отсеченной излуины р. Казанки, включающая характеристику ее гидрологических и морфометрических параметров, гидрохимического режима, степени загрязнения и класса качества воды. Оценены интенсивность осадконакопления, мощность донных наносов, степень их загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами; определены токсичность, класс опасности

донных отложений для окружающей среды и масса концентрированных в них тяжелых металлов и нефтепродуктов. Исследованная природно-техническая гидросистема отнесена к «зоне техногенного загрязнения» (Методические основы..., 1981).

С использованием метода акустического зондирования и промеров глубин гидросистемы колоночным методом выявлено пространственное распределение важнейших геоэкологических параметров (глубина, мощность донных наносов, скорость осадконакопления) и создана батиметрическая карта природно-технической гидросистемы.

Количественно оценена химическая нагрузка изученной гидросистемы на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора в сравнении с нагрузкой выпуска сточных вод других крупных организованных источников Куйбышевского водохранилища в пределах вод Республики Татарстан с использованием предложенных и ранжированных по информативности критериев.

Научно обоснованы рекомендации к оздоровлению гидросистемы для снижения ее химической нагрузки на Куйбышевское водохранилище. В рамках оптимизации взаимодействия природной и техногенной подсистем гидросистемы с точки зрения восстановления ее технических, геоэкологических функций и с учетом потенциальной рекреационной значимости впервые для природно-технических гидросистем лентического типа предложена оптимизация береговой линии с формированием русла в виде каскада из ряда озеровидных расширений, соединенных протоками, и поперечных сечений русла с выделением двух зон: литоральной – для развития макрофитов и глубинной – для проведения биоманипуляций.

Создана многокомпонентная информационно-аналитическая система MONITOR-W для сопровождения геоэкологического мониторинга гидросистемы излучины в поствосстановительный период и поверхностных вод Куйбышевского водохранилища. Разработана «Интерактивная программа «Экологический паспорт водоема» для оценки геоэкологического состояния и принятия управленческих решений по восстановлению стабильного функционирования водоема в условиях химической нагрузки под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека. На базе геоэкологических характеристик с использованием специально разработанных вычислительных алгоритмов формализован выбор способов оздоровления водоемов.

Практическая значимость. Проект «Создание историко-экологического парка «Зилант» (в рамках оздоровления и ландшафтного обустройства экосистем старого русла реки Казанки)» (2007) вошел в число 50 лучших инновационных проектов Конкурса «Инновации для устойчивого развития Республики Татарстан». Проект «Оздоровление отсеченной излучины р. Казанки» передан в Федеральное агентство по водным ресурсам для включения в «Концепцию охраны окружающей среды при подготовке и проведении XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 года в г. Казани».

Материалы геоэкологического мониторинга с информационно-аналитической системой его сопровождения переданы в природоохранную службу ОАО «Органический синтез» для ведения систематического контроля в зоне воздействия рассеивающего выпуска БОС.

Созданные информационно-аналитическая система сопровождения экологического мониторинга и «Интерактивная программа «Экологический паспорт

водоема» используются в качестве электронно-образовательного ресурса в учебном процессе Института экологии и географии КФУ. Отдельные разделы диссертационной работы используются при чтении общепрофессиональных и специальных курсов «Экологический мониторинг», «Восстановление водных экосистем», «Программное сопровождение экологического контроля» для студентов КФУ по направлению «Экология и природопользование».

На защиту выносятся следующие положения:

1. Отсеченная излучина р. Казанки имеет стабильно высокий уровень загрязнения воды во времени; по значениям интегрального показателя УКИЗВ вода излучины относится к 5 классу качества («экстремально грязная»).
2. Донные отложения представлены широким спектром грунтовых разностей (от песков до илов), имеют объем около 150 000 м³; характеризуются «высокой степенью» и «опасным» уровнем загрязнения, содержанием значительной массы концентрированных в них тяжелых металлов и нефтепродуктов (230 и 1013 т, соответственно), токсичностью для живых организмов; относятся к «зоне техногенного загрязнения», или «техногенной геохимической аномалии» и подлежат изъятию до горизонтов аллювиальных отложений.
3. Химическая нагрузка выпуска излучины р. Казанки, ранее не учитываемого в числе источников загрязнения в программах государственного экологического контроля и мониторинга, занимает второе место в ранжированных рядах по возрастанию относительной химической нагрузки (12,2–17,2%), уступает лишь оцененной для МУП «Водоканал» г. Казани (61,5–73,6%) и многократно (от 3 до 12 раз) превышает суммарную нагрузку всех других предприятий Республики Татарстан, непосредственно сбрасывающих сточные воды в Казанский и Чистопольский районы переменного подпора Куйбышевского водохранилища.
4. Относительный ущерб в стоимостном выражении, наносимый организованными источниками и учитывающий их опасность для водных ресурсов Куйбышевского водохранилища, максимален для предприятия МУП «Водоканал» г. Казани (~74% от суммарного ущерба основных организованных источников); ущерб от выпуска излучины р. Казанки (15,6%) многократно (от 4 до 12 раз) превышает совокупный ущерб от всех других организованных источников загрязнения водохранилища в пределах вод Республики Татарстан.
5. Созданные для сопровождения геоэкологического мониторинга гидросистем программные средства (информационно-аналитическая система «MONITOR-W» и «Интерактивная программа «Экологический паспорт водоема») повышают эффективность оперативной оценки их состояния и позволяют на базе данных геоэкологического мониторинга с использованием специально разработанных вычислительных алгоритмов формализовать выбор способов оздоровления водоемов.

Личный вклад автора: постановка задач исследования; участие в ежесезонных экспедиционных выездах 2006–2011 гг., в отборе, пробоподготовке и анализе проб воды, гидробионтов, донных отложений; статистическая обработка полученных результатов и их обобщение; обобщение и сравнительный анализ способов восстановления водных экосистем; разработка рекомендаций к проекту восстановления природно-техногенной гидросистемы излучины р. Казанки; создание программных продуктов; написание статей; формулирование выводов. Соавторами статей по теме диссертации являются научные руководители, научные консультанты, а также коллеги из КФУ (д.б.н., проф. Н.Ю. Степанова, к.х.н., доц. О.Г. Яковлева, к.г.н., доц. Е.А. Минакова, асп. К.Н. Малова), принявшие участие в обсуждениях или

экспедиционных выездах, которым автор приносит глубокую благодарность. Автор благодарит к.б.н. О.В. Палагушкину за помощь в определении фитопланктона, а также инженера Института физики КФУ М.В. Морозова за проведение атомно-силовой микроскопии донных отложений.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на итоговой научной конференции КФУ (2008–2010, 2012), на республиканских, всероссийских и международных конференциях в Перми, 2011 г.; Москве, 2010 г.; Санкт-Петербурге, 2009 г.; Ульяновске, 2008 г.; Набережных Челнах, 2007 г.; Казани, 2007–2011 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, в их числе 5 статей в журналах из списка ВАК и авторское свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 175 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка, 20 таблиц и состоит из введения, 6 глав, и выводов. Список цитируемой литературы (с. 152–175) включает 212 ссылок на отечественные и зарубежные публикации.

Диссертационная работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Развитие теоретических и прикладных основ экологического мониторинга», № ГР 01.98.0006937, код ГАСНТИ 87.43.21; гранта РФФИ-регион № 09-04-97036/2009 (РФФИ).

Тема диссертационной работы соответствует пунктам 1.8, 1.10, 1.11 и 1.12 Паспорта специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1 СПОСОБЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (Обзор литературы)

Обзор литературы посвящен рассмотрению состояния нормативной базы в вопросе мониторинга воздействия сточных вод на водоем и современных методических подходов к оценке геоэкологического состояния водных объектов, анализу современных методов восстановления природно-техногенных гидросистем и имеющихся информационно-аналитических систем для сопровождения геоэкологического мониторинга и управления качеством водных ресурсов. Обоснована постановка задачи исследования.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Физико-географическая характеристика объекта исследования и организованные источники загрязнения

2.1.1 Куйбышевское водохранилище. Раздел содержит физико-географическую характеристику Куйбышевского водохранилища (сведения об образовании, географические координаты крайних точек, протяженность, административно-территориальное деление акватории, количество и преимущественная ориентация притоков, тип питания основных притоков, осадки, водосборы средних и малых рек, ландшафты, гидрологический режим, классификация с выделением орографических регионов, морфологическая структура и др.) и технические данные Куйбышевской ГЭС.

2.1.2 Организованные источники загрязнения. Дана характеристика основных предприятий, отводящих сточные воды непосредственно в Куйбышевское водохранилище в пределах вод РТ: выше (1856–1840 км), ниже (1813–1721 км) и в

районе г. Казани (1825–1827 км от устья р. Волги), включая отсеченную излучину р. Казанки (1825 км от устья), выпуск которой ранее не учитывался в качестве организованного источника загрязнения Куйбышевского водохранилища ни в одной из программ государственного мониторинга и контроля. Предварительными расчетами обоснован выбор исследуемых организованных источников для решения поставленных задач.

2.1.3 Отсеченная излучина реки Казанки. Раздел содержит характеристику отсечённой излучины р. Казанки, местоположение, функции как пруда-накопителя и естественной дрены в системе инженерной защиты города от влияния Куйбышевского водохранилища, протяженность и т.д.

2.2 Материалы и методы исследования

2.2.1 Отбор проб. Исследования проводили в отсеченной излучине р. Казанки (рисунок 1А). В ходе экспедиционных выездов и ежесезонных натурных обследований в течение 2006–2011 гг. отбирали пробы воды, пробы и стратиграфические колонки донных отложений, гидробионтов для геоэкологического, химико-аналитического и эколого-токсикологического исследования. Отбор проб производили на станциях (рисунок 1Б), выбранных с учетом размещения источников загрязнения и его гидрологическими особенностями в соответствии с требованиями нормативной документации (ГОСТ, ГОСТ Р и РД).

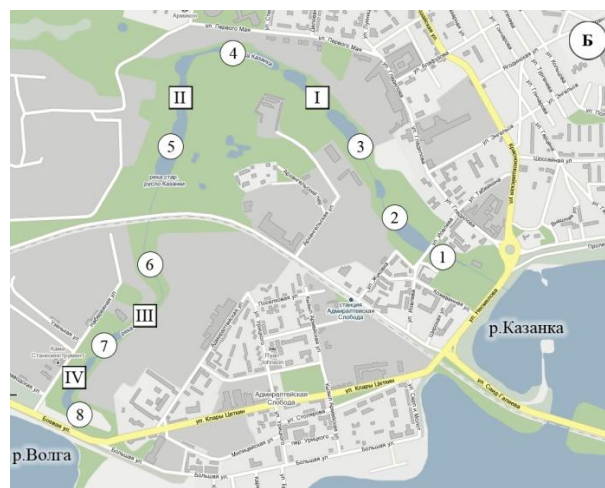


Рисунок 1А Зона выпуска отсеченной излучины р. Казанки – (и), рассеивающего выпуска очищенных сточных вод ОАО «Органический синтез» – (о), (о) – Волжский водозабор; (о) – Казанский кремль.

Рисунок 1Б Карта-схема отбора проб воды и донных отложений на участках I-IV отсеченной излучины р. Казанки. I – Участок излучины; (5) – Станция мониторинга.

2.2.2 Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений выполняли на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля КФУ (РОСС RU.0001.510958). Отбор проб донных отложений при отборе с нарушением стратификации осуществляли при помощи штангового дночерпателя Заболоцкого и автоматического коробчатого дночерпателя ДАК-250. Стратиграфические колонки отложений отбирали при помощи пробоотборника Бикера и поршневого пробоотборника (Eijkelkamp). Элементный состав определяли с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu). В работе использовали унифицированные, либо стандартные методики пробоподготовки и определения загрязняющих веществ в пробах воды и донных отложений (РД, ПНДФ, МУ, Саен и др., 1990).

Оценку степени загрязнения поверхностных вод проводили по интегральному показателю УКИЗВ в соответствии с РД 52.24.643-2002, принятым в системе Росгидромета при проведении мониторинга, с использованием разработанной (глава 6) информационно-аналитической программы «MONITOR-W».

2.2.3 Гидробиологические исследования по изучению видового состава, распределения и количественного развития планктонных и бентосных организмов проводили в пробах, отобранных количественными орудиями лова, в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками (Методические..., 1982, 1983, 1984; Руководство..., 1983).

2.2.4 Эколого-токсикологические исследования проб водных вытяжек (1:10) донных отложений, отобранных со всех станций, проводили методом биотестирования с использованием стандартных тест-объектов — ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg 1900, *Daphnia magna* Straus 1820 в остром (48 час.) в хроническом (25 сут.) экспериментах (ASTM, 1993; ФР..., 2007).

2.2.5 Определение гидрологических и морфометрических параметров. Пространственную привязку объектов исследования осуществляли с помощью GPS навигации. Основные морфометрические параметры гидросистемы излучины (протяженность, ширина, площадь) оценивали по построенной с использованием геодезических координат картографической модели при помощи программы MapInfo 10.5. Параметры глубины и объем воды оценивали при помощи программы Surfer 8.0 на основании данных натурных замеров с использованием картплоттера Garmin GPSMAP-178C, совмещенного с эхолотом. Оценку отдельных элементов водного баланса излучины проводили с использованием научной, нормативной литературы (Михайлов и др., 2007; СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05), фондовых материалов Управления эксплуатации инженерной защиты г. Казани и результатов натурных наблюдений и замеров.

2.3 Исследование донных отложений. Оценку мощности донных отложений проводили по данным акустического зондирования и измерений толщи слоя наносов цилиндрическим буром до руслового аллювия. Исследование стратиграфических проб донных отложений производили с помощью пробоотборника Бикера и поршневого пробоотборника (Eijkelkamp). Среднюю скорость осадконакопления оценивали по объему накопленных донных наносов в период 1957–2011 гг. Атомно-силовую микроскопию (АСМ) донных отложений выполняли на зондовой нанолаборатории ИНТЕГРА Прима (NT-MDT, Россия).

2.4 Оценка химической нагрузки организованных источников. Для оценки химической нагрузки (глава 4) использовали данные о фоновом содержании загрязняющих веществ в водах соответствующих районов Куйбышевского водохранилища, данные о водоотведении и о содержании загрязняющих веществ в воде излучины р. Казанки, а также фондовые данные статистической отчетности предприятий по форме 2тп(водхоз). Оценку химической нагрузки организованных источников загрязнения на Куйбышевское водохранилище проводили по обоснованным критериям оценки нагрузки (Шагидуллин, Никитин и др., 2011).

2.5 Обработка результатов исследования и разработка программных продуктов. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Statistica 8.0. Количественные данные представлены в виде средних арифметических величин (M) и стандартных ошибок средних (m). Гипотеза о нормальном распределении полученных данных проверялась при помощи W критерия Шапиро-Уилка (Shapiro, Wilk, 1965). В случае, когда W статистика оказывалась значима,

гипотеза о нормальном распределении значений переменных отвергалась. Подобное было отмечено для всех полученных данных, поэтому для дальнейшего анализа использовались методы непараметрической статистики. Оценку различий между выборками проводили с использованием критериев Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса. Для выявления зависимостей между изучаемыми параметрами проводили корреляционный анализ с использованием коэффициента парной ранговой корреляции Спирмена (R). Матрицы с данными ранговой корреляции использовались в методе многомерного шкалирования. В процедурах статистического анализа рассчитывался достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05 (Боровиков, 2003; Statistical Testbook, 1998; Юнкеров и Григорьев, 2002).

Разработка программных продуктов осуществлялась в программной среде Microsoft Visual Foxpro 8.0 (Клепинин, Агафонова, 2008; Granor, Martin, 2000).

ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОТСЕЧЕННОЙ ИЗЛУЧИНЫ РЕКИ КАЗАНКИ

3.1 Принципы районирования гидросистемы

С учетом особенностей геоморфологического строения русла, гидродинамических факторов, интенсивности продукционных процессов, типа и интенсивности внешнего воздействия и особенностей седиментации взвешенного вещества исследуемый водный объект условно разделен на 4 следующих участка (рисунок 1Б): I – от Верхней плотины до станции 4 (юго-восточная часть излучины); II – между станциями 4 и 5; III – от железнодорожного полотна до станции 7; IV – от станции 7 до Нижней плотины (станция 8).

В ходе обработки полученных результатов была выявлена пространственная неоднородность пространственного распределения большинства загрязняющих веществ в компонентах геосистемы (воде, донных наносах). В пределах участка I формирование качества воды и состава донных отложений вплоть до последних лет определялось преимущественно влиянием промышленных и бытовых сточных вод, поступавших от расположенных вдоль берегов 16 предприятий, в пределах участков II–IV – поверхностным стоком.

3.2 Водный, гидрохимический режим и степень загрязнения

Формирование водного и гидрохимического режима природно-технической гидросистемы обусловлено замедлением водообмена после сооружения плотин, тоннеля под железной дорогой и ряда построек.

Для характеристики исследуемого объекта составлен водный баланс излучины р. Казанки по отдельные элементам. Большая часть приходной статьи водного баланса представлена поверхностным притоком и поступлением из сети ливневой канализации в истоке излучины (64,1%); а расходной статьи – сбросом воды в Куйбышевское водохранилище (99,4%).

С использованием метода акустического зондирования определены глубины водного объекта (таблица 2). По полученным результатам (n=6018) создана батиметрическая карта отсеченной излучины р. Казанки.

Для оценки качества воды исследуемого водоема проанализированы средние многолетние значения его гидрохимического состава за период 2006–2010 гг. (таблица 1). Чрезвычайно высокое содержание органических веществ, выявляемое по обобщенным показателям ХПК и БПК₅, является причиной неблагоприятного кислородного режима вод излучины. В ряде случаев в пределах участка I кислород в воде отсутствовал полностью. Эти результаты согласуются с пониженными

значениями окислительно-восстановительного потенциала ($E_h = -140 \div 220$ мВ), характеризующими условия в водоеме как «восстановительные» и «квасивосстановительные». Выявленные условия предопределяют подавление процессов нитрификации, что характерно для вод, загрязненных соединениями биогенных элементов (ионы аммония, нитриты и фосфаты). Гидрохимические исследования выявляют высокое загрязнение воды сульфатами, соединениями железа и нефтепродуктами.

Таблица 1 Средние многолетние (за период 2006–2010 гг.) значения показателей качества воды отсеченной излуины р. Казанки (n=429)

Показатель или ингредиент	Участок I	Участок II	Участок III	Участок IV	ПДК*
ХПК, мгО ₂ /дм ³	153,8±41,0	77,0±18,5	49,7±12,1	60,9±7,3	30
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	38,9±32,1	19,7±13,0	18,4±2,4	14,7±7,1	4
О ₂ , мг/дм ³	1,5±1,4	0,8±0,7	2,6±1,2	3,3±0,3	4
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	3,7±1,3	3,1±1,1	3,4±0,7	3,7±1,4	0,5
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,3±0,08	0,1±0,07	0,1±0,08	0,1±0,05	0,08
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	13,4±8,2	8,6±7,7	20,7±4,8	29,6±9,1	40,0
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	2,1±1,6	0,9±0,3	1,8±1,2	2,4±2,2	0,2
Cl ⁻ , мг/дм ³	168±97,5	75,1±20,7	69,4±18,6	121±57,3	300
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	257±13,5	200±22,2	253±38	265±49,0	100
Fe _{общ.} , мг/дм ³	2,8±1,9	2,1±1,1	5,1±0,4	5,7±0,3	0,1
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,3±0,1	0,7±0,3	1,2±0,3	1,7±0,4	0,05
КВЧ, мг/дм ³	22,0±4,4	62,0±6,2	16±3,2	18,0±3,6	–
pH, ед.	7,5±0,2	7,8±0,5	7,2±0,2	7,3±0,2	6,5–8,5
E _h , мВ	51,5±191,5	104±11,5	112±68	121±101	–

Примечание. * – Использованы наиболее жесткие нормативы для водоемов разного типа водопользования (рекомендация РД..., 2002).

По результатам химического анализа воды (n=429) дана комплексная оценка степени ее загрязненности (РД..., 2002). Расчет коэффициент комплексности (63,7–66,5%) загрязненности воды излуины на всех станциях на протяжении периода наблюдений (2006–2010 гг.) выявил стабильно высокий уровень загрязнения воды излуины во времени и превышение установленных нормативов для большинства изученных показателей. По значениям индекса УКИЗВ (таблица 2) воды излуины отнесены к 5 классу качества воды – «экстремально грязные».

Таким образом, результатами геоэкологического мониторинга показано, что качество воды излуины р. Казанки не отвечает требованиям (ГН 2.1.5.1315-03; СанПиН 2.1.5.980-00; Нормативы качества..., 2010; Методические указания..., 2009), предъявляемым к водоемам различных типов водопользования.

3.4 Геоэкологическая характеристика донных наносов

3.4.1 Классификация. Анализ стратиграфических слоев колонок донных наносов излуины позволил провести их классификацию по В.П. Курдину (1959) с дополнениями по Б.И. Новикову (1985): донные отложения, различающиеся содержанием органического вещества (ППП = 1,0–43,2%, таблица 2) представлены песками, песками заиленными (участки III, IV), илами песчанистыми, глинистыми и торфянистыми (участки I, II), сформированными в зависимости от особенностей седиментации взвешенного вещества, гидрологических, продукционных характеристик.

Таблица 2

Геоэкологическая характеристика природно-технической гидросистемы отсеченной излуины р. Казанки

№ участка	Координаты участка (начало/конец)	Вода					Донные отложения							
		h ^а (max), м	h ^а (ср.), м	Пло- щадь, м ²	V ^б , м ³	УКИЗВ ^в / КПЗ ^г / Класс качества	h ^д (ср.), м	V ^е , м ³	V ^ж , см/год	ППП ^з , % (min/ max)	Масса ЗВ ^и , т	Z _с ^к	C _д ^л	Класс опас- ности ^м
I	55°48'15"СШ, 49°04'17"ВД / 55°48'45"СШ, 49°03'15"ВД	2,7/3,0	0,5/0,8	77 248	38 720/ 59 553	9,3 / 8 / 5	1,2	106 747	2,3	13,1/ 37,1	145,9/ 602,4	95,8	101,5	4/4
II	55°48'45"СШ, 49°03'15"ВД / 55°48'22"СШ, 49°03'01"ВД	1,0/1,3	0,4/0,7	40 989	16 913/ 28 318	8,5 / 6 / 5	0,5	20 085	0,9	34,6/ 43,2	78,1/ 362,1	307,8	314,7	4/4
III	55°48'19"СШ, 49°02'59"ВД / 55°48'02"СШ, 49°02'55"ВД	0,6/1,2	0,2/0,7	9 079	2 228/ 6 304	8,4 / 6 / 5	0,6	5 296	1,1	1,2/ 8,3	2,0/ 10,6	5,9	51,1	5/4
IV	55°48'02"СШ, 49°02'55"ВД / 55°47'54"СШ, 49°02'41"ВД	2,0/2,7	0,5/1,1	9 616	4 328/ 10 919	9,0 / 4 / 5	1,8	16 939	3,3	1,0/ 2,4	4,2/ 37,6	2,0	33,9	5/4
ИТОГО		2,7/3,0	0,5/0,8	136 932	62 189/ 105 094	8,4-9,3 / 4-8 / 5	1,1	149 067	2,1	1,0/ 43,2	230/ 1013	102,4	108,2	4/4

Примечание.

^а Глубина (h) и ^б объем (V) воды в межень (числитель) и в половодье (знаменатель). ^в УКИЗВ – безразмерный интегральный показатель «Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды» (РД..., 2002). ^г КПЗ – критический показатель загрязненности (РД..., 2002). ^д Мощность (h) и ^е объем (V) донных отложений. ^ж Скорость осадконакопления. ^з ППП – показатель «Потери при прокаливании», характеризующий содержание органического вещества в пробах донных отложений. ^и ЗВ – загрязняющие вещества: тяжелые металлы (числитель) и нефтепродукты (знаменатель). ^к Суммарный показатель загрязнения по Сауту (1990). ^л Степень загрязнения по Хокансону (1980). ^м Класс опасности донных отложений, оцененный расчетным (числитель) и экспериментальным (знаменатель) методами (Критерии..., 2001).

3.4.2 Мощность донных наносов над русловыми песчаными отложениями, сформированных в течение длительного периода времени функционирования естественной дрены (1957–2011 гг.), изменяется на исследованных участках I–IV от 0,5 до 1,8 м и в среднем составляет 1,1 м (рисунок 2, таблица 2), как показано промерами толщины донных наносов от поверхности дна до руслового аллювия на 14 створах, заложенных через 250 м.

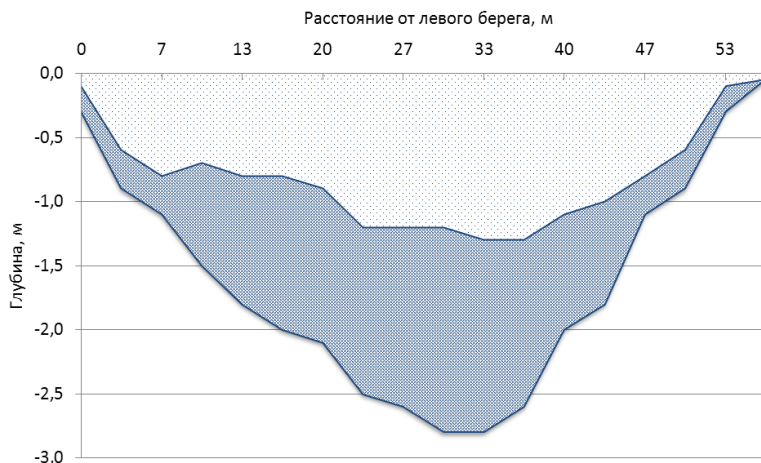


Рисунок 2
Профиль донных отложений (станция 2 на участке I)

Создана карта изменчивости мощности донных наносов излучины р. Казанки. Полученные характеристики мощности донных отложений позволили оценить скорость осадконакопления на исследуемых участках, которая составляет в среднем 2,1 см/год и превышает характерную для озерных систем РТ (Иванов, 2010) в 4,2 раза (таблица 2).

По данным акустического зондирования и измерений толщи слоя наносов цилиндрическим буром до руслового аллювия оценен объем донных отложений, составляющий на 2011 г. 149 067 м³.

3.4.3 Степень загрязнения. Тяжелые металлы. Результаты химико-аналитических исследований стратиграфических слоев колонок донных наносов выявляют концентрацию в них широкой группы тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr), уровень содержания которых ($C_{до}$) многократно превышает фоновое содержание ($C_{ф}$) в озерных системах РТ (Иванов и др., 2010) (рисунок 3).

Зоны максимального концентрирования тяжелых металлов формируются ниже источников загрязнения в результате различной геохимической подвижности элементов и действия гидродинамических факторов. Коэффициенты концентрации ($K_c = C_{до} : C_{ф}$) металлов в донных отложениях участков I–IV излучины р. Казанки приведены в таблице 2. Суммарный показатель ($Z_c = 102,4$) характеризует уровень загрязнения донных отложений гидросистемы как «опасный». Степень загрязнения донных отложений по интегральному показателю ($C_d = 33,9–314,7$) по Хокансону (1980) оценена как «высокая». Полученные результаты позволили отнести донные отложения к 4-му классу опасности. С учетом найденного объема накопленных в излучине донных наносов 149 067 м³ рассчитана масса концентрированных в них тяжелых металлов, составляющая в сумме 230 т.

Для исследованных донных отложений характерно стабильное превышение не только фоновых содержаний ($C_{ф}$) тяжелых металлов, но и их предельно допустимых уровней (ПДУдо), определенных для водоемов с замедленным стоком (Степанова, Латыпова, 2007), что позволяет отнести исследуемый объект к «зоне техногенного загрязнения» или «техногенной геохимической аномалии», определяемую как часть ландшафта, в пределах которой ПДУдо < $C_{до}$ > $C_{ф}$.

Для промышленно-урбанизированных территорий характерны качественно сходные и отличные от природных геохимические ассоциации элементов, накапливающихся в водоемах (Сает, 1982). Выявлены тесные ($R = 0,53-0,97$) геохимические парные ассоциации тяжелых металлов (рисунок 4), а также характерная для техногенных илов исследуемой гидросистемы ассоциация тяжелых металлов, описываемая формулой: $Pb_{1,6}-Zn_{2,4}-Ni_{4,5}-Cu_{18,1}-Cd_{31,3}-Cr_{49,4}$ ($n=48$), где цифровые индексы при символах атомов элементов представляют значения их K_c .

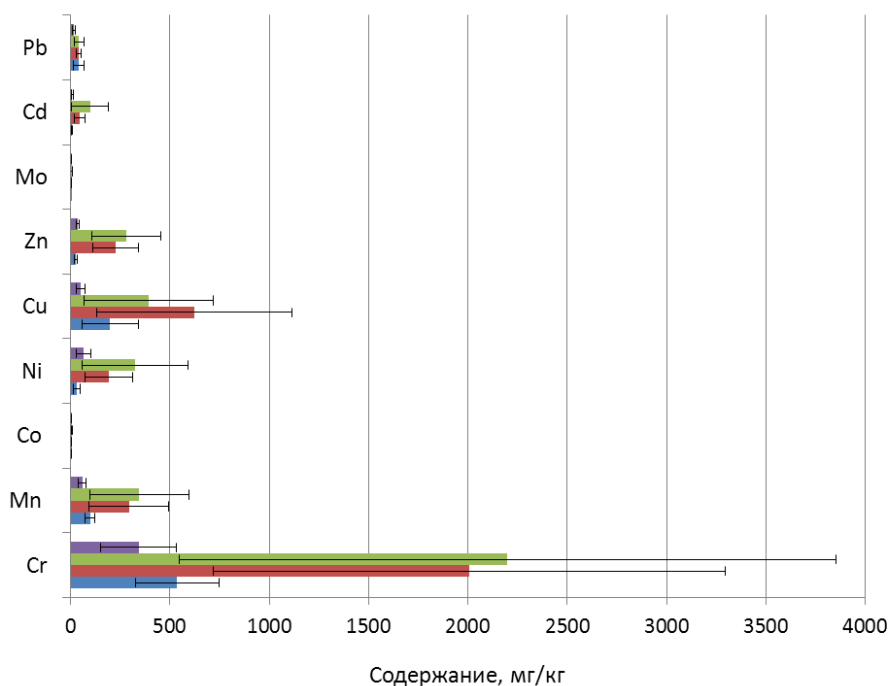


Рисунок 3
Изменение содержания тяжелых металлов в колонках донных отложений по горизонтам (от 4 – самого верхнего, до 1 – самого нижнего слоя) природно-технической гидросистемы излуины р. Казанки

Наибольшие значения K_c , характерные для химических элементов 2-го (Cd) и 3-го (Cr, Cu) классов опасности, свидетельствуют о влиянии на процесс формирования геохимических ассоциаций в исследуемых техногенных илах сточных вод гальванических производств, что согласуется с преобладающим вкладом в этот процесс производственной инфраструктуры города (Сает, 1990).

Нефтепродукты. Анализ стратиграфических слоев колонок донных наносов выявил их сильное загрязнение нефтепродуктами (от 11 до 57 000 мг/кг). Распределение нефтяного загрязнения донных отложений по горизонтам мозаично, причем содержание нефтепродуктов определялось характером и интенсивностью техногенной нагрузки в разные периоды осадконакопления и типом донных отложений. Содержание нефтепродуктов тесно коррелирует ($R=0,86$) с величиной ППП, характеризующей содержание органического вещества в донных отложениях.

С учетом объема накопленных донных наносов исследуемой гидросистемы масса содержащихся в них нефтепродуктов составляет 1013 т.

3.4.4. Эколого-токсикологическая характеристика донных отложений с использованием приведенных выше (раздел 2.2.4) тест-объектов в остром и хроническом экспериментах по традиционным показателям токсичности позволяют отнести донные отложения, сформированные в прежние годы, когда в излуину сбрасывались неочищенные промышленные и канализационные сточные воды, к 4 классу опасности (Критерии..., 2001).

Совокупность полученных геохимических данных диктует необходимость изъятия всего оцененного объема донных наносов до горизонта аллювиальных отложений в целях оздоровления гидросистемы, восстановления ее геоэкологических и гидротехнических функций.

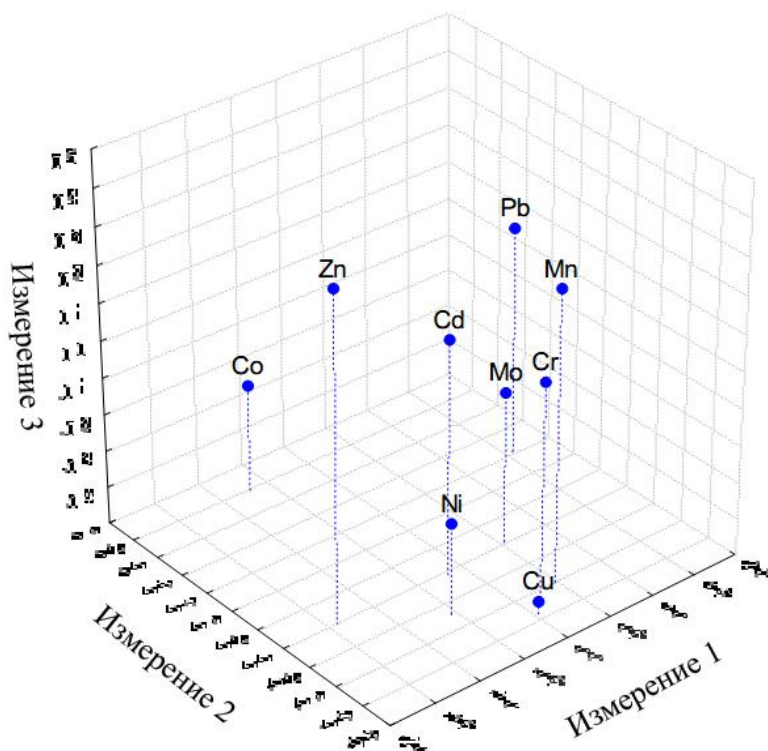


Рисунок 4
Трехмерное
пространственное
представление ассоциаций
тяжелых металлов в
донных отложениях
излучины р. Казанки
(метод многомерного
шкалирования на основе
парных коэффициентов
ранговой корреляции
Спирмена)

По полученным результатам комплексных исследований исследуемый водный объект находится в кризисном состоянии и является зоной экологической опасности как для природных сообществ, так и для здоровья человека. Особую тревогу вызывает то, что загрязненные воды излучины перекачиваются в Куйбышевское водохранилище непосредственно в пределах второго пояса зоны санитарной охраны Волжского водозабора.

ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ИЗЛУЧИНЫ Р. КАЗАНКИ И ДРУГИХ ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАЗАНСКОГО И ЧИСТОПОЛЬСКОГО РАЙОНОВ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Для оценки химической нагрузки на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища от основных организованных источников загрязнения в пределах вод РТ использовали данные о содержании загрязняющих веществ в воде отсеченной излучины р. Казанки за 2006–2010 гг. (раздел 3.1) и водоотведении (см. раздел 3.3), а также данные статотчетности предприятий, сбрасывающих сточные воды непосредственно в водохранилище (предприятия в Казанском районе переменного подпора Куйбышевского водохранилища выше и в районе г. Казани, включая отсеченную излучину р. Казанки, выпуск которой в зоне санитарной охраны Волжского водозабора ранее не учитывался ни в одной из программ государственного мониторинга и контроля; предприятия в Чистопольском районе переменного подпора).

4.1 Критерии оценки химической нагрузки на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища

Для оценки нагрузки организованного источника на поверхностные воды водохранилища предложено использовать комплекс следующих относительно простых показателей (Шагидуллин, Никитин и др., 2011):

1. Величина расхода сточных вод (РСВ, в м³ в год), включаемая в данные статотчетности 2ТП(водхоз).

2. Привнос индивидуальных загрязняющих веществ (ПИЗВ), представляющий собой разность между массой вещества в сточных водах ($M_{\text{ст}}$, т/год) и массой вещества, полученной при водопотреблении, с учетом фоновых характеристик водного объекта ($C_{\text{ф}}$, г/м³) и расхода сточных вод (q , тыс.м³/год) по формуле: $\text{ПИЗВ, т/год} = M_{\text{ст}} - C_{\text{ф}} \times q/1000$. При заборе воды из водного объекта предприятие-водопользователь получает вместе с водой ту или иную массу загрязняющих веществ (в зависимости от объема водопотребления), за которую оно, в принципе, не должно нести ответственности. Превышение массы сброса над рассчитанными значениями ПИЗВ может рассматриваться как мера химической нагрузки.

3. Суммарный привнос загрязняющих веществ (СПЗВ, т/год) со сточными водами предприятия в целом, оцениваемый по формуле: $\text{СПЗВ, т/год} = \sum \text{ПИЗВ}$. Этот показатель предпочтителен, если учесть многокомпонентный состав сточных вод анализируемых в одной совокупности промышленных предприятий-водопользователей и потенциальное различие приоритетных загрязняющих веществ в составе сточных вод.

4. Величина ущерба в стоимостном выражении (УСПЗВ, руб./год) от суммарного привноса загрязняющих веществ в водные объекты, рассчитываемую по формуле: $\text{УСПЗВ} = K_{\text{э/ф}} \times \sum_{i=1}^n \text{Привнос}_i \times Y_{\text{уд},i} \times K_{\text{ин},i}$, где $K_{\text{э/ф}}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов) по бассейнам рек, равный для РТ 1,35; $Y_{\text{уд},i}$ – удельный ущерб по каждому ингредиенту, или ставка платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты в пределах предельно допустимого сброса (ПДС); $K_{\text{ин},i}$ – коэффициент индексации. Этот показатель, включающий в неявном виде ставки платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты, учитывает совокупное действие веществ с учетом класса их опасности. Обобщенные данные об относительном вкладе (в %) источников загрязнения в химическую нагрузку на водохранилище по всем использованным критериям представлены на рисунках 5 и 6.

4.2 Анализ относительного вклада нагрузки организованных источников загрязнения на Куйбышевское водохранилище по «массовым» критериям

По степени повышения нагрузки организованных источников на Куйбышевское водохранилище по «массовым» критериям (1–3, п. 4.1) можно составить следующий ряд: МУП «Водоканал» г. Казани (52–77,6%) → **отсеченная излуцина р. Казанки (6,8–15,5%)** → ОАО «Казанский завод синтетического каучука» (5,1–13,8%) → ОАО «Органический синтез» (4,1–4,8%) → предприятия Зеленодольского узла (4,3–10,1%) → предприятия Чистопольского района переменного подпора (1,4–3,0%) → совокупность других источников (0,1–2,3%).

Относительная нагрузка излуцины р. Казанки по «массовым» критериям занимает вторую позицию в ряду предприятий по степени повышения их нагрузки на Куйбышевское водохранилище. Нагрузка ОАО «Казанский завод синтетического каучука» лишь незначительно отличается от определенной для излуцины; вклад крупного предприятия ОАО «Органический синтез» в химическую нагрузку на Куйбышевское водохранилище в пределах вод РТ по «массовым» критериям значительно ниже, что согласуется с результатами гидробиологических и экотоксикологических исследований в зоне его выпуска в 2-х км от выпуска излуцины.

Анализ ущерба от привноса загрязняющих веществ организованными источниками в Куйбышевское водохранилище

Еще более контрастная картина выявляется при использовании критерия УСПЗВ: в нагрузке организованных источников на Куйбышевское водохранилище,

прочно лидируют два источника – МУП «Водоканал» г. Казани и отсеченная излуцина р. Казанки; ущерб от излуцины в стоимостном выражении составляет более 20% от ущерба крупнейшего предприятия МУП «Водоканал» г. Казани и многократно превышает химическую нагрузку всех других крупных предприятий РТ на Куйбышевское водохранилище, что обосновывает необходимость оздоровления отсеченной излуцины р. Казанки для снижения нагрузки на поверхностные воды водохранилища.



Рисунок 5

Относительный ущерб (тыс. руб.), наносимый организованными источниками загрязнения Куйбышевского водохранилища в пределах вод РТ за счет привноса загрязняющих веществ

ГЛАВА 5 РЕКОМЕНДАЦИИ К «ПРОЕКТУ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ОТСЕЧЕННОЙ ИЗЛУЧИНЫ РЕКИ КАЗАНКИ»

Первые рекомендации к проекту реконструкции старого русла Казанки были сформулированы коллективом ученых КФУ и ИНОЗ РАН (СПб) к празднованию 1000-летия Казани в 2004 г. Продолжающаяся деградация водного объекта потребовала комплексной оценки современного геоэкологического состояния с учетом современных научно-технических достижений и актуализации путей решений проблемы его оздоровления для обеспечения экологической безопасности

На базе результатов геоэкологического мониторинга (2006–2010 гг.) отсеченной излуцины р. Казанки были разработаны научно обоснованные рекомендации к ряду мероприятий проекта «Оздоровление отсеченной излуцины р. Казанки», переданного в Федеральное агентство по водным ресурсам для включения в «Концепцию охраны окружающей среды при подготовке и проведении XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 года в г. Казани».

5.1 Изъятие загрязненных донных наносов

С учетом эколого-экономической целесообразности изъятие донных наносов предлагается путем сочетания методов открытой экскаваторной выемки (в верховьях излуцины) и щадящих методов добычи осадков (при приближении к месту выпуска воды излуцины в Куйбышевское водохранилище) с использованием современных научно-технических достижений. Жидкую фазу после обезвоживания водно-грунтовой смеси рекомендовано отводить в систему дренажной канализации, расположенную по периметру излуцины, для последующей очистки.

5.2 Оптимизация плановых очертаний и поперечных сечений русла, берегоукрепление, обустройство дна

В рамках оптимизации взаимодействия природной и техногенной подсистем впервые для природно-технических гидросистем лентического типа с учетом их потенциальных рекреационных функций предложена оптимизация береговой линии с

формированием русла в виде каскада из ряда озеровидных расширений, соединенных протоками, и поперечных сечений русла с выделением литоральной зоны – для развития макрофитов и глубинной зоны – для проведения биоманипуляций. Обоснованы рекомендации по обустройству дна протоки и берегоукреплению для увеличения турбулентности воды, степени насыщения её кислородом, развития речной фауны и предупреждения размыва вновь организованных прибрежных зон.

5.3 Биологическая рекультивация

Предлагаемые решения направлены на улучшение качества вод, выражаемое в устранении «цветения» за счет: прямого перехвата биогенных элементов, биоманипуляций и активизации процессов биологической фильтрации посредством увеличения численности беспозвоночных животных.

5.4 Строительство очистных сооружений

Снижение внешней нагрузки – первый шаг к оздоровлению объекта и возвращению гидросистемы к нормальному функционированию, которое может быть достигнуто как непосредственным снижением поверхностного стока загрязняющих веществ в водоем, повышением удерживающей способности водосбора, так и очисткой сточных вод организованных источников загрязнения. Последнее средство особенно актуально для данного объекта в связи с определяющим вкладом поверхностного притока в приходную статью водного баланса излучины (раздел 3.3). Вместо рекомендованных ранее наземных очистных сооружений, снижающих эстетическую привлекательность ценного ландшафта в центре города, предложено строительство подземных локальных очистных сооружений для очистки поверхностных стоков с территорий городской инфраструктуры.

5.5 Ландшафтное обустройство прибрежной зоны

Сложившийся рельеф экологически неблагоприятной прибрежной зоны Зилантовой горы площадью 10,1 га оптимальным образом подходит для создания ландшафтного парка, придания территории функции важного элемента природного экологического каркаса города и одновременной организации мощной защиты береговой зоны гидросистемы. Создание парковой зоны имеет особую значимость в связи с проведением в г. Казани Универсиады 2013 года.

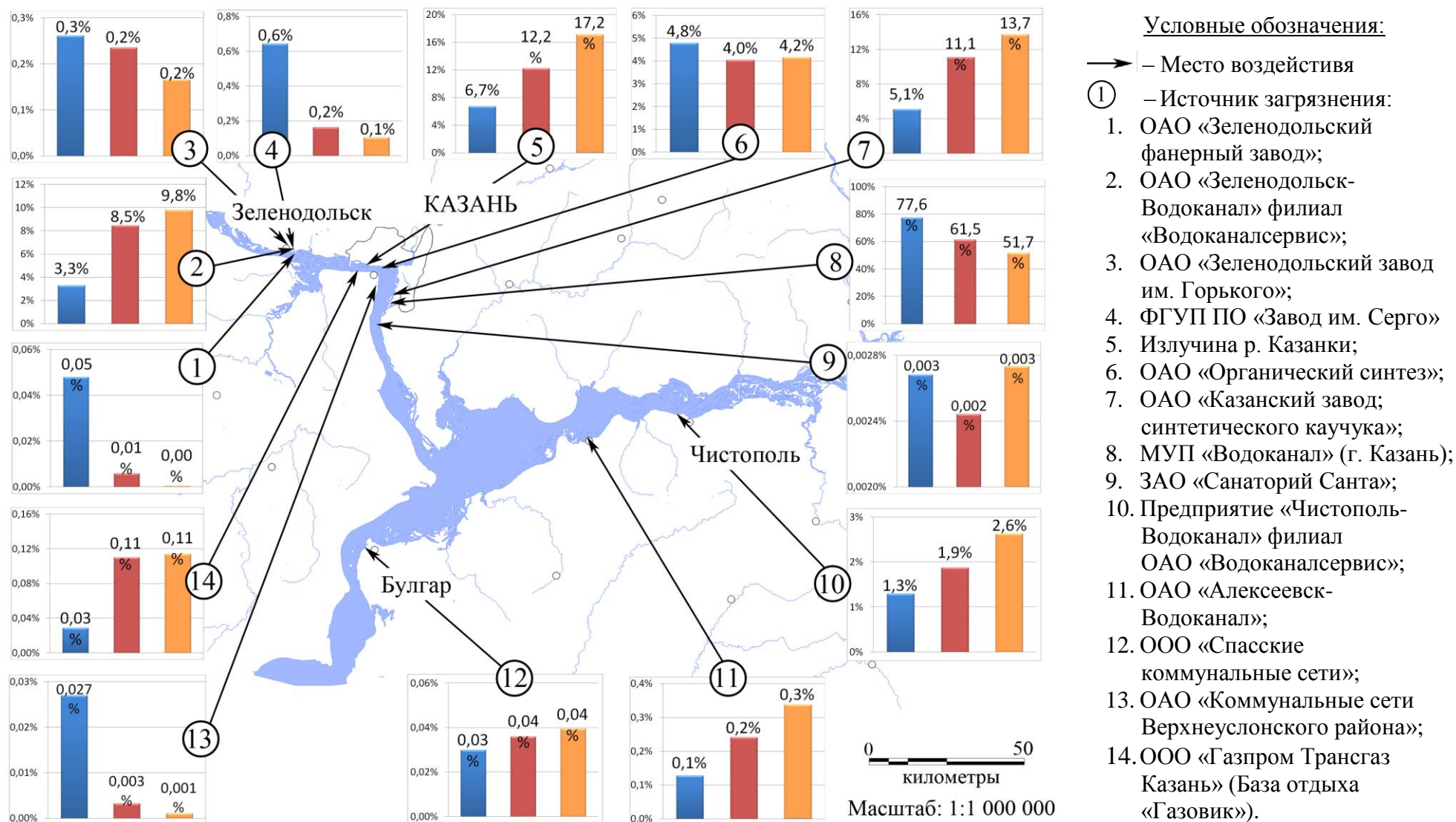
5.6 Воздействие на компоненты окружающей среды на этапах строительства объектов и их эксплуатации

Анализ потенциальных источников загрязнения и уровня воздействия на атмосферный воздух, на состояние поверхностных и подземных вод, на земельные ресурсы, на видовой состав животного мира и растительности показал, что в целом при условии соблюдения необходимых природоохранных мероприятий негативное воздействие объекта на состояние поверхностных и подземных вод в период строительства прогнозируется как незначительное.

ГЛАВА 6 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

6.1 Информационно-аналитическая система «MONITOR-W»

Для сопровождения геоэкологического мониторинга водоемов создана программа информационно-аналитического обеспечения экологических исследований применительно к исследуемым объектам (рисунок 7). Программа обеспечивает ведение, обработку и интерпретацию данных гидрохимических, гидробиологических и геоэкологических исследований для выявления основных факторов экологического риска водоема.



Геоэкологический мониторинг

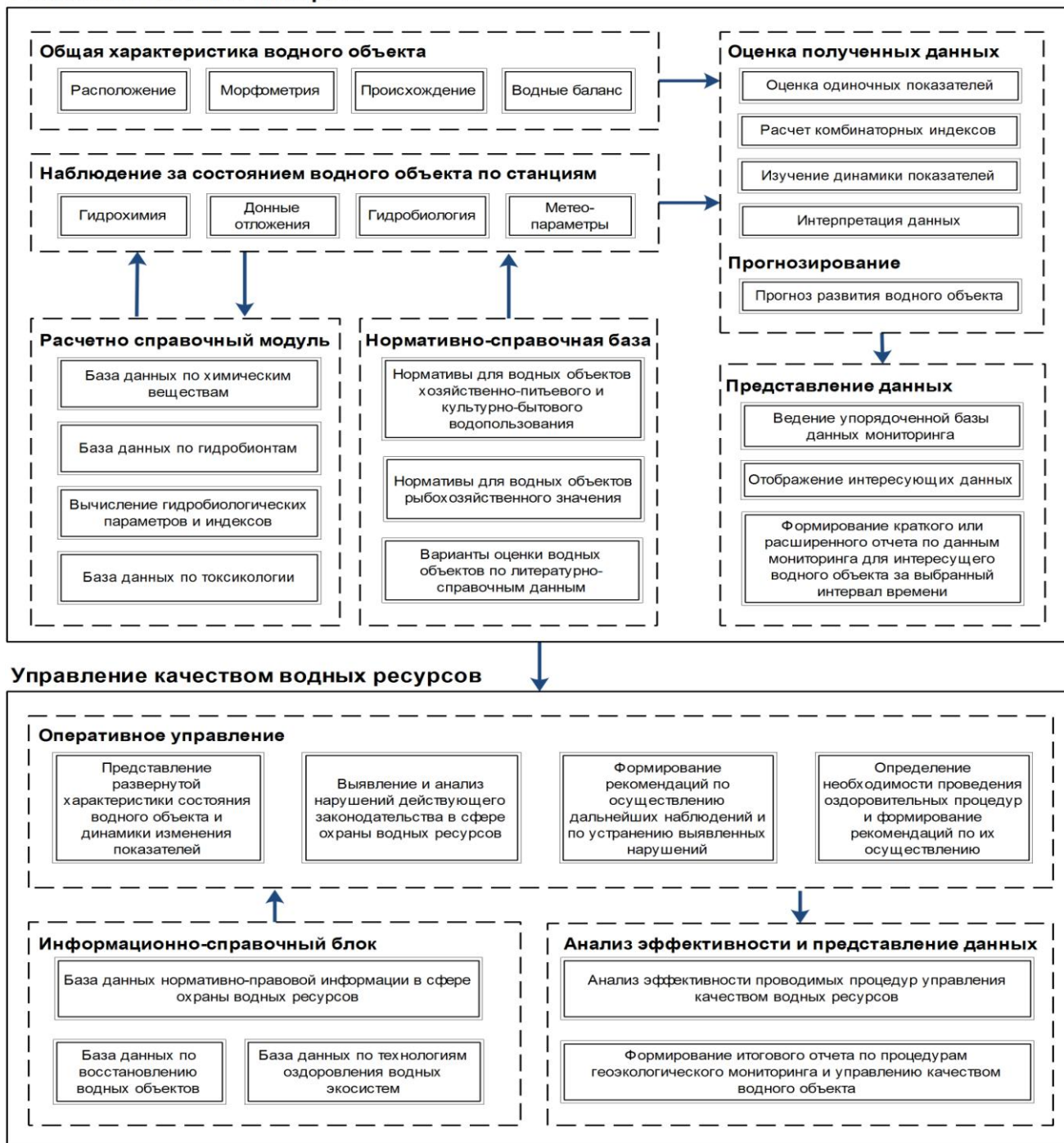


Рисунок 7 Общая схема информационно-аналитической системы «MONITOR-W»

Система позволяет оснастить процедуру мониторинга упорядоченной и структурированной базой данных с возможностью просмотра и оценки динамики определяемых в ходе мониторинга показателей. Программа включает разработанные вычислительные алгоритмы обработки данных, основанные на выявленных теоретических закономерностях, что позволяет повысить оценочно-прогностическую надежность выводов. Структурированная база данных мониторинга совместно с информационно-справочной системой программы обеспечивает возможность принятия оперативных управленческих решений, направленных на выявление нарушений действующего водоохранного законодательства, определение необходимости проведения оздоровительных процедур и формирование рекомендаций по их осуществлению.

ВЫВОДЫ

1. Впервые на основе результатов систематического мониторинга (2006–2011 гг.) дана комплексная оценка геоэкологического состояния природно-технической гидросистемы отсеченной излучины р. Казанки - пруда-накопителя в системе инженерной защиты города. Воды излучины, перекачиваемые в Куйбышевское водохранилище в зоне санитарной охраны Волжского водозабора, отнесены к 5 классу и характеризуются как «экстремально грязные» (значения УКИЗВ для всех створов находятся в пределах 8,4–9,3). Средние многолетние значения коэффициента комплексности загрязненности воды излучины ($> 70\%$) на всех станциях указывают на стабильно высокий уровень загрязнения воды излучины во времени, что делает излучину реальным фактором химического загрязнения Куйбышевского водохранилища под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека.
2. Донные отложения излучины р. Казанки представлены широким спектром грунтовых разностей (от песков до илов торфянистых). Содержание тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr), многократно превышает фоновые значения для озерных систем Республики Татарстан и предельные допустимые уровни для водоемов с замедленным стоком. Наибольшие значения коэффициентов концентрации характерны для химических элементов 2-го (Cd) и 3-го (Cr, Cu) классов опасности. Суммарный показатель ($Z_c=102,4$) характеризует уровень загрязнения донных отложений гидросистемы как «опасный», степень загрязнения донных отложений по интегральному показателю ($C_d=33,9-314,7$) оценена как «высокая». Донные отложения содержат значительную массу концентрированных в них тяжелых металлов и нефтепродуктов (230 и 1013 т соответственно), токсичны для живых организмов и относятся к 4-му классу опасности. Полученные результаты требуют изъятия всего объема донных наносов до горизонта аллювиальных отложений в целях оздоровления гидросистемы.
3. Для донных отложений выявлена статистически значимая корреляция между содержанием органического вещества как с содержанием тяжелых металлов ($R=0,54-0,91$), так и нефтепродуктов ($R=0,86$). Обнаружены тесные ($R=0,53-0,97$) геохимические парные ассоциации тяжелых металлов. В целом ассоциация тяжелых металлов описывается формулой: $Pb_{1,6}-Zn_{2,4}-Ni_{4,5}-Cu_{18,1}-Cd_{31,3}-Cr_{49,4}$.
4. Объем осадконакопления на 2011 г. по всей длине водного объекта составляет $149\,067\text{ м}^3$ при средней скорости осадконакопления 2,1 см/год, что превышает характерную для озерных систем Республики Татарстан в 4,2 раза.
5. Для количественной оценки химической нагрузки крупных организованных источников загрязнения на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища использованы обоснованные критерии, ранжированные по повышению степени информативности: расход сточных вод (тыс. $\text{м}^3/\text{год}$) \rightarrow суммарная масса сбрасываемых в поверхностные воды загрязняющих веществ (т/год) \rightarrow суммарный привнос загрязняющих веществ (т/год), представляющий собой разницу между массой загрязняющих веществ в составе сточной воды (водоотведение) и природной воды (водопотребление) \rightarrow ущерб от суммарного привноса загрязняющих веществ в стоимостном выражении (руб./год или %), в неявном виде учитывающий степень опасности загрязняющих веществ через ставку платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты.
6. Количественно оценена химическая нагрузка выпуска излучины на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища в пределах вод Республики

Татарстан в сравнении с нагрузкой выпусков крупных организованных источников загрязнения, сконцентрированных в Казанском и Чистопольском районах переменного подпора. Нагрузка от выпуска отсеченной излуины р. Казанки (6,8–15,5% от суммарной нагрузки) занимает устойчивое второе место в ранжированных рядах по всем использованным критериям и уступает лишь нагрузке МУП «Водоканал» г. Казани (51,7–77,6%).

7. Величина ущерба, наносимого излуиной поверхностным водам в стоимостном выражении, составляет более 20% от ущерба крупнейшего предприятия МУП «Водоканал» г. Казань и многократно (от 3 до 12 раз) превышает суммарную нагрузку всех других предприятий, включая такие крупные, как предприятия Зеленодольского узла, ОАО «Казанский завод синтетического каучука», Предприятий Чистопольского района переменного подпора и ОАО «Органический синтез». Это является результатом высокой степени загрязнения воды излуины и определяет необходимость ее оздоровления и приведения воды к нормативным значениям для снижения химической нагрузки на поверхностные воды Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны водозабора и обеспечения экологической безопасности.

8. На основе полученных результатов и с учетом современных научно-технических достижений сформулированы рекомендации к проекту «Оздоровление излуины р. Казанки». а) С учетом эколого-экономической целесообразности предлагается изъятие донных наносов путем сочетания методов открытой выемки и щадящих методов добычи осадков с использованием существующих в настоящее время технических средств. б) В рамках оптимизации взаимодействия природной и техногенной подсистем для природно-технических гидросистем лентического типа предложена оптимизация береговой линии с формированием русла в виде каскада из ряда озеровидных расширений, соединенных протоками, и поперечных сечений русла с выделением литоральной (для развития макрофитов) и глубинной зон (для проведения биоманипуляций). в) Вместо наземных очистных сооружений, снижающих эстетическую привлекательность ценного ландшафта в центре города, предложено строительство подземных локальных очистных сооружений для очистки сточных и ливневых вод, вносящих наибольший вклад (61%) в приходную часть годового водного баланса излуины.

9. Создана многокомпонентная информационно-аналитическая система MONITOR-W для сопровождения геоэкологического мониторинга гидросистемы излуины в поствосстановительный период и поверхностных вод Куйбышевского водохранилища. Разработана программа «Экологический паспорт водоема» для оценки состояния по интегральным показателям и принятия управленческих решений по восстановлению стабильного функционирования водоема в условиях химической нагрузки под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека. Программные средства позволяют на базе данных геоэкологического мониторинга с использованием специально разработанных вычислительных алгоритмов формализовать выбор способов оздоровления водоемов.

10. С использованием независимых методов представлено пространственное распределение определенных в работе геоэкологических характеристик исследуемой гидросистемы отсеченной излуины р. Казанки: батиметрическая карта; карта мощности донных наносов; карта-схема оптимизации береговой линии с формированием русла в целях восстановления функций саморегулирующейся естественной дрены и потенциальных рекреационных функций; карта-схема уровней

химических нагрузок основных организованных источников загрязнения на Куйбышевское водохранилище (Казанский и Чистопольский районы переменного подпора).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Коллективная монография

1. Куйбышевское водохранилище: экологические аспекты водохозяйственной деятельности / Коллективная монография под научной редакцией В.З. Латыповой, О.П. Ермолаева, Н.П. Торсуева и др. – Казань: Фолианть, 2007. – С. 43-67.

Статьи в журналах из списка ВАК по наукам о Земле

2. **Никитин О.В.**, Латыпова В.З., Шагидуллин Р.Р., Поздняков Ш.Р. Геоэкологический мониторинг излучины р. Казанки как фактора химического загрязнения Куйбышевского водохранилища // Георесурсы, 2011. – № 2(38). – С. 27-30.

3. Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., **Никитин О.В.**, Яковлева О.Г. Развитие подходов к оценке воздействия промышленных предприятий на водные объекты // Георесурсы, 2011. – № 2(38). – С. 21-23.

4. Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., **Никитин О.В.** Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище // Георесурсы, 2011. – № 2(38). – С. 24-26.

Статьи в журналах из списка ВАК

5. Кирсанов В.В., **Никитин О.В.**, Малова К.Н. Интегральная оценка воздействия на водоем сточных вод нефтехимического производства // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2009. – №1. – С. 49-54.

6. **Никитин О.В.**, Степанова Н.Ю., Латыпова В.З. Использование ИФА для скрининга цианотоксинов в поверхностных водоемах // Вестник Уральской медицинской академической науки. – № 4/1 (38). – 2011.

Статьи в других журналах, научных сборниках и т.д.

7. Поздняков Ш.Р., Латыпова В.З., **Никитин О.В.**, Минакова Е.А. Наночастицы абиотических компонентов Куйбышевского водохранилища и отсеченной излучины р. Казанки как фактор опасности для здоровья населения // Сборник материалов конгресса «Чистая вода. Казань» – Казань, 2011. – С. 78-82.

8. **Никитин О.В.** Комплекс мероприятий по восстановлению функций отсеченной излучины р. Казанки, предусмотренных при создании Куйбышевского водохранилища // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2010» [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2010.

9. **Никитин О.В.**, Степанова Н.Ю., Латыпова В.З. Экологическое сопровождение и разработка инновационных технологий восстановления водных объектов // Сборник материалов Всероссийской конференции «Основы инновационной деятельности». – М.: РосНОУ, 2010.

10. **Никитин О.В.** Информационно-вычислительное обеспечение гидробиологических исследований программным комплексом «PLANKTER» / Материалы докладов конференции гидробиологов, посвященной памяти профессора Х.М. Курбангалиевой. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. – С. 64-65.

11. Поздняков Ш.Р., Минакова Е.А., **Никитин О.В.** Комплексный подход к решению проблем восстановления отсеченной излучины р. Казанки // Сборник материалов конгресса «Чистая вода. Казань». – С. 275-278.

12. **Никитин О.В.** Современные подходы к восстановлению озерных экосистем //

Журнал «Промышленная экология и безопасность», 2010. – № 3. – С. 124-128.

13. Румянцев В.А., Поздняков Ш.Р., Минакова Е.А., **Никитин О.В.**, Степанова Н.Ю., Латыпова В.З. Проект поэтапного оздоровления пруда-накопителя в системе инженерной защиты города с программным обеспечением системы мониторинга / Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том IV: Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. – Казань: Отечество, 2009. – С. 196-199.

14. **Никитин О.В.**, Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Румянцев В.А., Поздняков Ш.Р., Минакова Е.А., Яковлева О.Г. Информационно-вычислительное обеспечение системы мониторинга на примере внутригородского водоема / Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон, ЭКОГИДРОМЕТ. Материалы V международной конференции. – СПб.: Крисмас+, 2009. – С. 66-67. – ISBN 978-5-89495-186-0.

15. **Никитин О.В.**, Малова К.Н., Степанова Н.Ю., Латыпова В.З. Значимость использования методов биоиндикации в мониторинге выпуска возвратных вод // Регионы России: власть и общество в условиях социальных рисков. Проблемы безопасности. Сборник научных статей и сообщений Всероссийской научно-практической конференции. Часть 1. – Казань: КГТУ, 2008. – С. 434-438.

16. Малова К.Н., **Никитин О.В.**, Степанова Н.Ю. Интегральная оценка допустимой нагрузки на водоем загрязненных сточных вод // В сб.: Геоэкологические проблемы Среднего Поволжья. – Ульяновск, 2008. – С. 117-121.

17. **Никитин О.В.**, Малова К.Н., Степанова Н.Ю., Минакова Е.А., Латыпова В.З. Предпосылки для разработки технологического регламента восстановления самоочищающей способности городских водных экосистем // Сборник материалов 1-го экологического форума Прикамья. – Набережные Челны, 2007. – С. 134-135.

18. **Никитин О.В.**, Малова К.Н., Минакова Е.А., Степанова Н.Ю., Латыпова В.З. Пути восстановления антропогенно нарушенных городских водоемов // Актуальные экологические проблемы РТ: Тезисы докладов VII республиканской научной конференции. – Казань: Отечество, 2006. – С. 134-135.

19. **Никитин О.В.**, Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Поздняков Ш.Р. Интерактивная программа «Экологический паспорт водоема» / Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2011614167 от 27.05.2011 г. (Роспатент).

20. Степанова Н.Ю., Селивановская С.Ю., **Никитин О.В.** Экологический мониторинг процесса биологической очистки сточных вод и оценка их воздействия на природные водоемы: Учебное пособие к общему курсу «Экологический мониторинг». – Казань: КГУ, 2007. – 144 с.

Отпечатано в типографии «Оранж-К»

г. Казань, ул. Карла Маркса 5,

тел.: (843)2330585

Заказ №63 от 10.01.2012 г.

Формат 60x84 ¹/₁₆

Бумага 80 г. Печать цифровая.

Тираж 100 экз.